

TITLE OF THE INVENTION

METHOD AND SYSTEM FOR CONTROLLING CHILLER AND SEMICONDUCTOR PROCESSING SYSTEM

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

This application claims the benefit of U.S. Provisional Applications No. 60/456,231, filed March 21, 2003; and No. 60/456,232, filed March 21, 2003.

This application is based upon and claims the benefit of priority from the prior Japanese Patent Applications No. 2002-332800, filed November 15, 2002; No. 2003-76103, filed March 19, 2003; No. 2003-76104, filed March 19, 2003; and No. 2003-76105, filed March 19, 2003, the entire contents of all of which are incorporated herein by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

本発明は、処理装置の温度制御に用いるチラーを制御する方法及び装置に関し、特にチラーで消費されるエネルギーを効率的に節約するための省エネ技術に関する。また、本発明は、温度媒体循環装置を有する半導体処理システムに関する。ここで、半導体処理とは、半導体ウエハやLCD (Liquid crystal display) やFPD (Flat Panel Display) 用のガラス基板等の被処理基板上に半導体層、絶縁層、導電層等を所定のパターンで形成することにより、該被処理基板上に半導体デバイスや、半導体デバイスに接続される配線、電極等を含む構造物を製造するために実施される種々の処理を意味する。

2. Description of the Related Art

チラーを使用する処理装置の典型例として、半導体処理用のプラズマ処理装置がある。プラズマ処理装置は、半導体デバイス、LCD、FPDの製造プロセスにおいて、エッチング、堆積、酸化、スパッタリング等の処理に広く使用される。プラズマ処理装置は、反応容器またはチャンバ内に配置された、プラズマ生成用またはイオン引き込み用の電極を1つまたは一対有し、該電極に高周波(RF)電力が印加される。通常は、チャンバ内の中心部に上向きに配置される電極が、被処理基板(半導体ウエハ、ガラス基板等)を載置する載置台またはサセプタも兼ねる。

このようなサセプタ電極は、基板と直接接触することから、その電極の温度が基板の温度つまり処理温度に直接影響する。特開2001-44176号公報は、サセプタ電極またはこれに一体結合する導電性の支持部材内に冷媒室を設けた構造を開示する。外付けの

チラーユニットより所定温度の液状またはガス状の冷媒を該冷媒室に循環供給し、電極の温度を制御する（図 1 参照）。

従来は、処理装置が基板に処理を施すために通常に稼動している状態であるかアイドル状態（休止状態）であるかにかかわらず、チラーより処理装置に対して冷媒を常時一定の流量（つまりサセプタ電極ないし基板の温度を設定温度に維持するための流量）で供給し続ける。この場合、無駄なエネルギーがチラーで消費される。一般に処理装置における長時間のアイドル状態はロットの切れ目で起きる。この点に関し、近年普及している少量多品種の生産ラインでは、基板 1 枚単位つまり枚葉処理の合間でも不定な長い時間（時には数 10 分以上）のアイドル状態が続くことがある。このため、近年では、チラーのエネルギー消費量は無視できなくなっている。

BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

本発明は、処理装置の稼動状況に応じてチラーの冷媒供給動作を適確に制御して効果的な省エネを実現することを目的とする。本発明はまた、温度媒体循環装置を有する半導体処理システムにおいて、処理装置の稼動状況に応じて温度媒体供給動作を適確に制御して処理システム内の効果的な省エネを実現することを目的とする。

本発明の第 1 の視点は、被処理基板に所定の処理を施すための処理装置に対して温度制御用の冷媒を供給するチラーの制御方法であって、

前記処理装置が前記処理のために通常に稼動している期間中は前記チラーより前記処理装置に対して前記冷媒を第 1 の流量で供給する工程と、

前記処理装置が所定の閾値時間以上のアイドル状態である長期アイドル状態になることを工程シーケンス上のレシピ情報に基づいて検出する工程と、

前記処理装置が通常稼動状態から前記アイドル状態に切り換わった後に前記冷媒の流量を前記第 1 の流量からそれよりも小さな第 2 の流量に抑制する工程と、

前記処理装置が前記アイドル状態から通常稼動状態に切り換わる前に前記冷媒の流量を前記第 2 の流量から前記第 1 の流量に戻す工程と、
を具備する。

本発明の第 2 の視点は、被処理基板に所定の処理を施すための処理装置に対して温度制御用の冷媒を冷媒循環路を介して供給するチラーの制御装置であって、

前記チラーより前記処理装置に対して供給する前記冷媒の流量を調整するための冷媒流量調整手段と、

前記処理装置が所定の閾値時間以上のアイドル状態である長期アイドル状態になることを工程シーケンス上のレシピ情報に基づいて検出する第１のシーケンス検出手段と、

前記第１のシーケンス検出手段による検出結果に従い、前記処理装置が通常稼動状態から前記アイドル状態に切り換わった後に前記冷媒流量調整手段を制御して、前記冷媒の流量を通常稼動状態のときの第１の流量からそれよりも小さな第２の流量に抑制させる冷媒流量抑制手段と、

前記処理装置が前記アイドル状態から通常稼動状態に切り換わる前に前記冷媒流量調整手段を制御して、前記冷媒の流量を前記第２の流量から前記第１の流量に戻させる冷媒流量復帰手段と、
を具備する。

本発明の第３の視点は、半導体処理システムであって、

被処理基板に所定の半導体処理を施す処理装置と、前記処理装置は、前記基板を収納する処理室と、前記処理室内で前記基板を支持するサセプタと、前記処理室内に処理ガスを供給するガス供給系と、前記処理室内を排気する排気系と、を含むことと、

前記サセプタの温度を調整するため、前記サセプタを通して温度媒体を循環させる温度媒体循環装置と、

前記処理装置及び前記温度媒体循環装置の動作を制御する制御部と、
を具備し、

前記制御部は、前記処理装置の通常稼動状態と長期アイドル状態とに夫々対応するように、前記温度媒体循環装置を通常モードと省エネモードとの間で切り換えることと、前記長期アイドル状態において前記処理装置は所定の閾値時間以上に亘ってアイドル状態にあることと、前記通常モード及び前記省エネモードにおいて前記温度媒体は第１の流量及び第１の流量よりも小さな第２の流量で夫々循環されることと、

前記制御部は、工程シーケンス上のレシピ情報に基づいて、前記処理装置が前記通常稼動状態から前記長期アイドル状態に移行することを検出し、前記長期アイドル状態に移行後に前記温度媒体循環装置を前記通常モードから前記省エネモードに切り換えることと、

前記制御部は、前記工程シーケンスまたは別の工程シーケンス上のレシピ情報に基づいて、前記処理装置が前記長期アイドル状態から前記通常稼動状態に移行することを検出し、前記通常稼動状態に移行前に前記温度媒体循環装置を前記省エネモードから前記通常モードに切り換えることと、

を具備する。

前記第 1 乃至第 3 の視点において、好ましくは、前記閾値時間は、前記第 1 の流量から前記第 2 の流量に切り換えるのに要する第 1 の時間と前記第 2 の流量から前記第 1 の流量に切り換えるのに要する第 2 の時間とを足し合わせた時間よりも長くなるように設定される。

Additional objects and advantages of the invention will be set forth in the description which follows, and in part will be obvious from the description, or may be learned by practice of the invention. The objects and advantages of the invention may be realized and obtained by means of the instrumentalities and combinations particularly pointed out hereinafter.

BRIEF DESCRIPTION OF THE SEVERAL VIEWS OF THE DRAWING

The accompanying drawings, which are incorporated in and constitute a part of the specification, illustrate presently preferred embodiments of the invention, and together with the general description given above and the detailed description of the preferred embodiments given below, serve to explain the principles of the invention.

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る半導体処理システムの構成を示す図である。

図 2 は、第 1 の実施形態に係るチラー制御の主要な手順を示すフローチャート図である。

図 3 は、図 2 図示のチラー制御のタイミングを、チラー消費電力の時間的な特性と共に示すタイムチャート図である。

FIG. 4 is an overall plan view of a substrate processing device according to a second embodiment of the present invention;

FIG. 5 is a schematic vertical cross-sectional view showing a sketch of the substrate processing device;

FIG. 6 is a schematic view showing a substrate transfer device according to the second embodiment of the present invention;

FIG. 7 is an explanatory diagram showing the transmission system of the substrate transfer device;

FIG. 8 is a cross-sectional view showing an example of the specific composition of part of the substrate transfer device;

FIG. 9 is an explanatory diagram showing the operation of the substrate transfer device;

FIG. 10 is an explanatory diagram showing the operation of the substrate transfer device;

FIG. 11 is an explanatory diagram showing how wafers are transferred in the substrate processing device;

FIG. 12 is a plan view showing part of a substrate processing device according to a modification of the second embodiment;

FIG. 13 is an overall plan view of a substrate processing device according to a third embodiment of present invention;

FIG. 14 is a schematic vertical cross-sectional view showing a sketch of the substrate processing device;

FIG. 15 is a schematic view showing a substrate transfer device according to the third embodiment of the present invention;

FIG. 16 is an explanatory diagram showing the transmission system of the substrate transfer device;

FIG. 17 is a cross-sectional view showing an example of the specific composition of part of the substrate transfer device;

FIG. 18 is an explanatory diagram showing the principle of operation of the substrate transfer device;

FIG. 19 is an explanatory diagram showing the operation of the substrate transfer device;

FIGS. 20A and 20B are explanatory diagrams showing how wafers are transferred in the substrate processing device;

FIGS. 21A and 21B are explanatory diagrams showing how wafers are transferred in the substrate processing device;

FIGS. 22A and 22B are explanatory diagrams showing how wafers are transferred in the substrate processing device;

図 2 3 は、図 2 3 は、本発明の第 4 の実施形態に係る基板処理装置を示す図である。

図 2 4 は、本発明の第 4 の実施形態に係る基板搬送装置の動作原理を示す説明図である。

図 2 5 は、上記の基板搬送装置の伸縮動作を示す説明図である。

図 2 6 は、上記の基板搬送装置の旋回動作を示す説明図である。

図 2 7 は、第 4 の実施形態の変更例に係る基板処理装置の一部を示す概観図である。

図 2 8 は、図 2 7 図示の基板処理装置において基板保持アーム間でウエハを持ち変える様子を示す説明図である。

図 29 は、第 4 の実施形態の別の変更例に係る基板処理装置を示す平面図である。

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[第 1 の実施形態]

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る半導体処理システムの構成を示す図である。この処理システムは、処理装置 10 と、チラーユニット 12 と、コントローラ 14 と、ホストコンピュータ 16 とを含む。

処理装置 10 は、例えば、プラズマエッチング装置であり、密閉可能なプロセスチャンバ 18 を有する。このプロセスチャンバ 18 内の中心部には、被処理基板（例えば、半導体ウエハ）W を載置するための載置台（サセプタ）を兼ねる下部電極 20 が配置される。

下部電極 20 は例えば、アルミニウム製の板状ブロックからなる。この板状ブロック内に例えば、円周方向に延在する環状の冷媒室 22 が形成される。この冷媒室 22 には、冷媒循環路を構成する冷媒供給管 24 及び冷媒回収管 26 が接続される。後述するように、チラーユニット 12 より温調された冷媒が、冷媒供給管 24 及び冷媒回収管 26 を介して冷媒室 22 に循環供給される。

プロセスチャンバ 18 において、下部電極 20 の上方にはこの電極と平行に対向して上部電極 28 が配置される。この上部電極 28 には、シャワーヘッドを構成するための多数の貫通孔またはガス吐出口 28a が形成される。上部電極 28 の背後に形成されたガス導入口 30 には、処理ガス供給源 32 からのガス供給配管 34 が接続される。このガス供給配管 34 の途中には、流量調整器（MFC）36 及び開閉弁 38 が配設される。

上部電極 28 はプロセスチャンバ 18 を介してグランド電位に接続（接地）される。一方、下部電極 20 には、整合器 40 を介して RF 電源 42 が電氣的に接続される。なお、下部電極 20 は絶縁材 44 によってプロセスチャンバ 18 から電氣的に絶縁される。

プロセスチャンバ 18 の底部には排気口 46 が形成される。この排気口 46 に排気管 48 を介して排気装置例えば、真空ポンプ（図示せず）が接続される。プロセスチャンバ 18 の側面には基板搬入出口（図示せず）が形成される。この基板搬入出口にゲートバルブ（図示せず）を介して例えば、ロードロック室（図示せず）が接続される。

このエッチング装置において、エッチング処理を行う場合、例えば以下のような操作を行う。即ち、プロセスチャンバ 18 内に基板 W を搬入して下部電極 20 の上に載置する。処理ガス供給源 32 よりエッチングガスを所定の流量でチャンバ 18 内に導入し、排気装置により真空引きしてチャンバ 18 内の圧力を設定値とする。更に、RF 電源 42 より例

えば、13.56MHzのRF電力を所定のパワーレベルで下部電極20に印加する。

これにより、上部電極28のシャワーヘッド28aより吐出されたエッチングガスが、電極間のグロー放電中でプラズマ化される。このプラズマで生成されるラジカルやイオンによって基板Wの被処理面がエッチングされる。このようなエッチング処理において、エッチングガス供給のオン／オフ制御（開閉弁38のオン／オフ制御）やRF電力のオン／オフ制御（RF電源42のオン／オフ制御）は、コントローラ14により行なわれる。

チラーユニット12は、液状の冷媒（例えば、冷却水またはブライン）CW1を貯留するための冷媒タンク50を有する。冷媒タンク50には、タンク内の冷媒CW1を加熱するためのヒータ54と、冷媒CW1を冷媒供給管24に送出するためのポンプ56とが配設される。ポンプ56は、インバータ58によって駆動制御され、タンク50内の冷媒CW1を所望の圧力または流量で吐出する。コントローラ14は、インバータ58を通じてポンプ56の出力つまり吐出流量を制御できる。

チラーユニット12はまた、冷媒CW1の温度を調節するための冷却器52を有する。冷却器52は、第1熱交換器60と第2熱交換器62と冷媒循環路64とを有する。第1熱交換器60は、冷媒回収管26より回送されてきた冷媒CW1を所定温度に冷却してから冷媒タンク50に戻す。第2熱交換器62は、冷媒CW1よりも低い温度の第2冷媒CW2を外部の冷媒供給手段（図示せず）から供給される。冷媒循環路64は、第1熱交換器60と第2熱交換器62との間で熱の受け渡しを行うための第3冷媒CW3を循環させる。冷媒循環路64には、インバータ66によって駆動制御される循環用のポンプ68が配設される。

コントローラ14は、冷媒タンク50内の冷媒CW1を所望の温度に調整するために、インバータ66を通じてポンプ68の出力つまり第3冷媒CW3の循環速度を制御できる。冷媒タンク50、冷媒供給管24或いは冷媒回収管26内の冷媒CW1の温度を検出する温度センサ（図示せず）を設けて、冷媒CW1の温度調整をフィードバック制御で行うことも可能である。更に、図1に破線で示すように、冷媒循環路（24、26）に流量センサ24a、26aを設けて、冷媒CW1の流量をフィードバック制御で行うことも可能である（ソフトウェアを介することにより）。

ホストコンピュータ16は、このエッチング装置10が属する処理システムの全体を統括制御する。ホストコンピュータ16は、コントローラ14を通じてエッチング装置10及びその周辺装置（特にチラーユニット12）の動作を制御できる。ホストコンピュータ

16はまた、システム内の他の処理装置や搬送装置等に対しても夫々のコントローラを介して所要の制御を行うことができる。

ホストコンピュータ16は、各装置の動作を制御するため、各被処理基板Wについて工程シーケンス上のレシピ情報をルックアヘッド方式（先読み方式）で管理する。工程シーケンスは、例えば、タイムスケジュールが決まった範囲毎に予めオペレータによってホストコンピュータ16に入力される。

ホストコンピュータ16は、工程シーケンス上のレシピ情報に基づいて、適宜所要の動作またはイベントを指示する信号を各種装置のコントローラに与える。また、ホストコンピュータ16に対して、各装置側からもコントローラを通じて各装置の動作状況や現在扱っている基板Wについての工程状況等を知らせることができる。ホストコンピュータ16は、システム内に在る各基板Wについて現在位置を把握することが可能であり、工程レシピ情報の中で現在位置情報を随時更新することができる。

図2は、第1の実施形態に係るチラー制御の主要な手順を示すフローチャート図である。図3は、図2図示のチラー制御のタイミングを、チラー消費電力の時間的な特性と共に示すタイムチャート図である。

図2に示すように、エッチング装置10がエッチング処理のために通常に稼動している通常稼動状態において、ホストコンピュータ16は、コントローラ14を介して、チラーユニット12を通常モードで動作させる（ステップS1）。この通常モードでは、冷媒CW1が下部電極（サセプタ）20に対して第1の流量N1（例えば、25リットル／分）で循環供給される。

具体的には、通常モードにおいて、冷媒CW1は、コントローラ14の制御の下で、所定温度に温調された状態でチラーユニット12より冷媒循環路（24、26）を介して下部電極20の冷却室22に循環供給される。この際、チラーユニット12内では、冷媒タンク50のポンプ56が第1の流量N1を確保するために相当の高出力で作動する。また、冷却器52のポンプ56も冷媒CW1を高速に熱交換または冷却するために比較的高い出力で作動する。このため、これらのポンプ56、68及びインバータ58、66全体で比較的高い電力P1（例えば、3.31kW）が消費される。

なお、エッチング装置10がエッチング処理のために通常に稼動している状態つまり「通常稼動状態」とは、以下のような状態を意味する。即ち、通常稼動状態は、プロセスチャンバ18内で下部電極20上の基板Wにプラズマ処理を施している最中は当然含む。通常

稼働状態はまた、プラズマエッチング処理の前後の基板搬入／搬出動作の状態を含む。更に、通常稼働状態は、次の基板Wがチャンバ18内に導入されたなら直ちにこの基板Wに対してプラズマ処理を実行できるようなスタンバイ状態を含むこともできる。

上記の最後者の定義に依れば、エッチング装置10がスタンバイ状態にある限りチラーユニット12は上記のような通常モードで動作し続ける。即ち、プロセスチャンバ18内に基板Wが存在せず、処理ガス供給配管34の開閉弁38が閉じられ、RF電源42がオフ状態になっているスタンバイ状態でも、チラーユニット12は通常モードで動作される。

再び図2を参照し、エッチング装置10が通常稼働状態にある間に、ホストコンピュータ16は、予めオペレータによってホストコンピュータ16に入力され且つ記憶された各被処理基板Wについての工程シーケンス上のレシピ情報を先読みする。その結果、ホストコンピュータ16が、当該エッチング装置10が長期アイドル状態になることを事前に検知または判定したとする（ステップS2）。

ここで、「長期アイドル状態」とは、エッチング装置10が所定の閾値時間 T_s 以上の休止状態或いはアイドル状態にあることを意味する。換言すると、長期アイドル状態は、当該処理装置内に次の被処理基板Wが導入されるまでの時間がしばらくかかる状態である。長期アイドル状態には、次の基板導入の時刻またはタイミングが確定している場合だけでなく、未定である場合もある。「閾値時間 T_s 」は、後述するようにチラーユニット12における冷媒流量切換動作に要する時間（ T_1 、 T_2 ）を考慮した値に設定される。

上述のように、ホストコンピュータ16がレシピ情報の先読みでエッチング装置10の長期アイドル状態（閾値時間 T_s 以上のアイドル状態）を事前にキャッチまたは検知する。エッチング装置10の長期アイドル状態に対応して、ホストコンピュータ16は、コントローラ14をして、チラーユニット12を省エネモードで動作させる。この省エネモードでは、冷媒CW1が下部電極（サセプタ）20に対して第2の流量 N_2 （例えば、15リットル／分）で循環供給される。

具体的には、この場合、ホストコンピュータ16からの連絡に応じて、コントローラ14はチラーユニット12に省エネモードを指示する信号を発信する（ステップS3、時点 t_1 ）。こうして省エネモード指示信号が出されると、チラーユニット12では、エッチング装置10に供給する冷媒CW1の流量を通常モード用の第1の流量 N_1 から省エネモード用の第2の流量 N_2 （例えば、15リットル／分）に抑制する（ステップS3、時点 t_2 ）。

図1の構成例では、コントローラ14がインバータ58を直接制御してポンプ56の出

力を設定値まで下げる。この流量抑制のための流量切換に要する時間 T_1 は、ポンプ 56 の出力特性、冷媒 CW1 の特性（比重等）、流量変化量（ $N_1 \rightarrow N_2$ ）、冷媒循環路（24、22、26）の流体容量やコンダクタンス等によって決まる。通常、時間 T_1 は 1 ～ 2 分程度である。

エッチング装置 10 が長期アイドル状態になっている間、エッチング装置 10 から冷媒回収管 26 を介して回送されてくる冷媒 CW1 の温度はそれほど上昇していない。このため、省エネモード中は冷却器 52 の冷却能力を下げることもできる。

こうして、省エネモード中は、チラーユニット 12 内の各部が低出力で動作する。特に、冷媒タンク 50 内の冷媒 CW1 を抑制流量 N_2 でエッチング装置 10 に供給すればよいので、ポンプ 56 及びインバータ 58 が通常モードのときよりも負荷が軽くなってかなり低い出力で動作する。このため、ポンプ 56、58 及びインバータ 58、66 全体の消費電力は相当低いレベル P_2 （例えば、2.26 kW）に下がる。

このようなチラーユニット 12 の省エネモードによってエッチング装置 10 に供給する冷媒 CW1 の流量を抑制しても、装置 10 内の下部電極 20 の温度を通常稼動状態のときとほぼ等しい温度に維持することができる。即ち、通常稼動状態、特に処理中は下部電極 20 自体が RF 電流で発熱するだけでなくプラズマからの熱を受ける。このため、下部電極 20 の冷却室 22 に冷媒 CW1 を比較的大きな第 1 の流量 N_1 で循環供給して冷却レートを高くする必要がある。

しかし、長期アイドル状態の下では、下部電極 20 自体の発熱もなければプラズマからの入熱もない。このため、その分冷却レートを下げても、従って冷媒 CW1 の流量を抑制しても、下部電極 20 の温度を設定温度付近に維持することができる。逆な見方をすれば、省エネモードにおける冷媒 CW1 の流量 N_2 は、下部電極 20 の温度が通常稼動状態のときの電極温度設定値付近に維持されるような流量に選ばれるのが好ましい。

なお、省エネモード中に下部電極 20 の温度を設定温度付近に維持するうえで、プロセスチャンバ 18 の中を真空、例えば 0.1 ～ 1 mTorr の真空圧力に保つのが好ましい。下部電極 20 を真空空間内に置くことで、下部電極 20 回りの熱伝導を小さくして、断熱状態を維持することができる。

図 2 に戻り、上述のようにしてエッチング装置 10 が長期アイドル状態でチラーユニット 12 が省エネモードを維持している間に、ホストコンピュータ 16 は、工程シーケンス上のレシピ情報を先読みする。例えば、ここで使用される工程シーケンスは、エッチング

装置 10 が長期アイドル状態になった後に、オペレータによってホストコンピュータ 16 に入力され且つ記憶された新たな工程シーケンスからなる。代わりに、この工程シーケンスは、エッチング装置 10 の通常稼動状態から長期アイドル状態への移行を検出する際に使用した前述の工程シーケンスである場合もある。

工程シーケンス上のレシピ情報を先読みした結果、ホストコンピュータ 16 が、エッチング装置 10 でエッチング処理を受けるため、新たな基板 W が導入されることを事前にキャッチまたは検出したとする（ステップ S 6）。この場合、ホストコンピュータ 16 は、エッチング装置 10 の通常稼動状態に戻すのに対応して、チラーユニット 12 を通常モードに戻すための指令をコントローラ 14 に伝達する。例えば、ホストコンピュータ 16 は、その新たな基板 W がプロセスチャンバ 18 に搬入される時刻をコントローラ 14 に伝達する。なお、ホストコンピュータ 16 は、必要に応じて、当該基板 W に対する固有のエッチング処理条件（レシピ）もコントローラ 14 へ送ってよい。

コントローラ 14 は、ホストコンピュータ 16 からの連絡を受けると、ホストコンピュータ 16 より指定された基板搬入時刻よりも前にエッチング装置 10 を長期アイドル状態から通常稼動状態に完全復帰させる時刻 t_5 を設定する。また、コントローラ 14 は、エッチング装置 10 内の各部に対してスタンバイ状態に戻るよう所要の指示信号を出す。また、また、コントローラ 14 は、チラーユニット 12 に対しては省エネモードから通常モードに戻るよう指示信号を出す（ステップ S 7）。

こうして通常モード指示信号が出されると、チラーユニット 12 では、エッチング装置 10 に供給する冷媒 CW1 の流量を省エネモード用の第 2 の流量 N_2 から通常モード用の第 1 の流量 N_1 に戻す動作を開始する（ステップ S 8、時点 t_3 ）。図 1 の構成例では、コントローラ 14 がインバータ 58 を直接制御してポンプ 56 の出力を設定値まで上げていく。この流量復帰のための流量切換に要する時間 T_2 は、ポンプ 56 の出力特性、冷媒 CW1 の特性（比重等）、流量変化量（ $N_2 \rightarrow N_1$ ）、冷媒循環路（24、22、26）の流体容量やコンダクタンス等によって決まる。通常、時間 T_2 は 5 ～ 8 分程度である。従って、エッチング装置 10 側が通常稼動状態に完全復帰する時刻 t_5 よりも前に（例えば、時点 t_4 で）冷媒流量が第 1 の流量 N_1 に完全復帰するように（ステップ S 9）、冷媒流量切換または復帰動作の開始時刻 t_3 を決定する。

こうして、チラーユニット 12 が通常モードに復帰する（ステップ S 10）。これによってエッチング装置 10 は、ホストコンピュータ 16 より指定された基板搬入時刻に間に合

うように、スタンバイ状態となることができる。

図3のシーケンスでは、エッチング装置10を長期アイドル状態から通常稼動状態に復帰すべきタイミングを長期アイドル状態中にホストコンピュータ16が工程シーケンス上のレシピ情報から先読みで検知する。この場合、チラーユニット12に冷媒流量の抑制を指示した時刻 t_1 から冷媒流量の復帰を指示した時刻 t_4 までの時間 T_4 が不定ある。この態様は、ここで使用される工程シーケンスが、エッチング装置10が長期アイドル状態になった後に入力された新たな工程シーケンスからなる場合に望ましい。

一方、最初に入力された工程シーケンスから長期アイドル状態を読み取れる場合もある、この場合、先にチラーユニット12を通常モードから省エネモードに切り換える段階でエッチング装置10の長期アイドル状態の時間長を計算できる。即ち、この場合、コントローラ14側のタイマ機能により時間 T_3 及び T_4 を前以て設定することができる。

エッチング装置10のアイドル状態期間が著しく長いことが最初から分かっている場合もある。この場合、復旧に支障を来さない限度で冷媒CW1の流量を上記第2の流量 N_2 よりも更に抑制された流量に制御することができる。代わりに、この場合、チラーユニット10内の各部の動作を完全停止させることも可能である。

上述のように、チラーユニット12において冷媒CW1の流量を通常モード用の第1の流量 N_1 と省エネモード用の第2の流量 N_2 との間で切り換えるに際しては相当の所要時間(T_1 、 T_2)を必要とする。従って、チラーユニット12を通常モードから省エネモードに切り換えるための分岐点であるエッチング装置10におけるアイドル状態持続時間の「閾値時間 T_s 」は、流量切換時間(所定時間 $T_1 + T_2$)よりも長い時間に選ばれるのが好ましい。

上述のように、第1の実施形態においては、処理装置が長期アイドル状態(所定の閾値時間以上のアイドル状態)になることを工程シーケンス上のレシピ情報に基づいた先読みからキャッチ(検出)する。そして、チラーユニットより処理装置に対して供給する冷媒の流量を適度な期間にわたって適度に低い流量に抑制する。これにより、チラーの大幅な省エネを実現することができる。

第1の実施形態では、エッチング装置10内の下部電極20だけをチラーユニット12によって温調する。しかし、上部電極28も上記と同様の冷媒室または冷媒通路を設けてチラーユニット12により温調することが可能である。更に、電極以外の部品または部材もチラーの温度制御の対象となり得る。

第 1 の実施形態に係るチラーユニット 1 2 内の構成は一例であり、種々の変形・変更が可能である。例えば、プラズマエッチング装置 1 0 に供給する液状の冷媒 C W 1 をガス状の冷媒に置き換え、ポンプ 5 6 に代えてコンプレッサを用いることも可能である。プラズマエッチング装置 1 0 も処理装置の一例であり、第 1 の実施形態は、他の種々の方式または用途（例えば、C V D、酸化、スパッタリング等）の処理装置に適用することが可能である。

また、第 1 の実施形態は、温度媒体が冷媒であっても熱媒であっても同様に適用することができる。即ち、第 1 の実施形態のチラーは温度媒体を循環させるための装置と換言することができる。

[Second Embodiment]

FIGS. 4 and 5 show a substrate processing device according to a second embodiment of the present invention. This substrate processing device has two cassette chambers 111 and 112 of airtight structure, into which are transferred cassettes (substrate transfer containers) C, which store multiple wafers, which are the substrates. These cassette chambers 111 and 112 are arranged aligned in a horizontal row, and therefore the cassettes C that are placed in them are aligned on a straight line to the left and right of each other. Cassette chambers 111 and 112 correspond to, respectively, the first substrate transfer container chamber, which forms the first placement area, and the second substrate transfer container chamber, which forms the second placement area.

Cassette chambers 111 and 112 each have a gate door GD on the atmosphere side, and the space with the atmosphere is airtightly partitioned by this gate door GD. Provided inside cassette chambers 111 and 112, as shown in FIG. 5, is elevator part 111b for raising and lowering cassette placement platform 111a and successively positioning the wafer retention grooves inside cassette C to the access level of the first transfer device, which is discussed below.

First transfer chamber 113, which is of airtight structure, is airtightly connected to the interior side of cassette chambers 111 and 112, and airtightly connected to this first transfer chamber 113, via first and second preliminary vacuum chambers 114 and 115, which are two load lock chambers (standby chambers) aligned to the left and right, is second transfer chamber 116, which is given a vacuum atmosphere. In this example, we describe the case of a so-called open cassette, but if a sealed cassette is used, a sealed cassette will be detachably connected to the side

wall of transfer chamber 113, and this point is discussed below.

Provided inside first transfer chamber 113 are positioning stages 117 and 118 for rotating wafers W and aligning their orientation, and first substrate transfer device 102 for transferring wafers W between cassette chamber 111 and 112 and preliminary vacuum chambers 114 and 115 and positioning stages 117 and 118. The openings (transfer openings) on the first transfer chamber 113 side in first and second preliminary vacuum chambers 114 and 115 face toward swivel center Q1 of first substrate transfer device 102. Here, the fact that they face toward swivel center Q1 means that the openings of first and second preliminary vacuum chambers 114 and 115 are not aligned on a straight line but that as seen from above the layout forms a chevron, in other words, that they are arranged along mutually adjacent sides of a polygon. Also, cassette chambers 111 and 112 and first transfer chamber 113 are given, for example, an inert-gas atmosphere or a vacuum atmosphere.

Second transfer chamber 116 is formed in a polygonal shape, for example an octagonal shape, and provided inside it is second substrate transfer device 103. Connected airtightly to six of the sides of the octagon of this second transfer chamber 116 are vacuum chambers 104 (104A-104F), which are substrate process chambers, and connected to the remaining two sides are preliminary vacuum chambers 114 and 115. The composition of second substrate transfer device 103 is such that, for example, two wafers W can be passed simultaneously between vacuum chambers 104 (104A-104F) and preliminary vacuum chamber 114 and 115. In FIG. 4, vacuum chambers 104 are pictured, for convenience in illustration, as simple circles, but if circular chambers are actually used, a member that joins the chamber and second transfer chamber 116 and forms a transfer opening is interposed between them.

Vacuum chambers 104 may also be chambers in the shape of, for example, a quadrilateral. What can be cited as the vacuum processing that is done in vacuum chambers 104 includes, for example, etching by etching gas, film formation processing by film formation gas, and ashing by ashing gas. Provided inside a vacuum chamber 104, as shown in FIG. 5, are placement platform 141 onto which to place wafer W and gas supply part 142 for supplying processing gas, and the centers of the wafers W placed onto placement platforms 141 in vacuum chambers 104 lie on a circle whose center is the center of second transfer chamber 116.

Next, we describe in detail first substrate transfer device 102, which is a substrate

transfer device according to the second embodiment of the present invention. FIG. 6 and FIG. 7 show a general view and the transmission system, respectively, of first substrate transfer device 102. In this example, this substrate transfer device 102 has first multi-joint arm 102A, which forms the first transfer part, and second multi-joint arm 102B, which forms the second transfer part, and first multi-joint arm 102A has first swivel arm 151, whose swivel center Q1 is the center part of first transfer chamber 113 (see FIG. 4), middle arm 152, which is provided rotatably in the horizontal direction at the tip-end part of this swivel arm 151 and is constituted shorter than swivel arm 151, and first substrate holding arm (tip-end arm) 153, which is provided rotatably in the horizontal direction at the tip-end part of this middle arm 152 and is formed, for example, in fork shape.

Second multi-joint arm 102B, whose swivel center coincides with swivel center Q1 of said swivel arm 151, has swivel arm 161, which is provided below swivel arm 151 and comprises the second swivel part, middle arm 162, which is provided on this swivel arm 161 and is constituted shorter than swivel arm 161, and second substrate holding arm (tip-end arm) 163, which is provided on this middle arm 162. The structure of second multi-joint arm 102B is essentially the same as the structure of first multi-joint arm 102A, but it is different in, for example, the length of the rotation shaft of tip-end arm 163, in order to ensure that the height position of substrate holding arm 163 is made the same as substrate holding arm 153 of first multi-joint arm 102A, that is, in order to ensure that the composition is such that tip-end arms 153 and 163 transfer on the same plane.

First multi-joint arm 102A and second multi-joint arm 102B wait, forming a chevron shape, put in a position rotated forward from the position in which, in standard position, swivel arms 151 and 161 lie on a straight line with each other. And at this time the positions are set so that middle arms 152 and 162 are put in a position rotated rearward from the position in which they are parallel with swivel arms 151 and 161, substrate holding arms 153 and 163 are put in a position rotated slightly inward (toward the swivel center) from the position in which they are parallel with middle arms 152 and 162, and substrate holding arms 153 and 163 do not interfere with each other.

Describing the transmission system of first and second multi-joint arms 102A and 102B while referring to FIG. 7, the composition is such that swivel arm 151 of first multi-joint arm

102A swivels by cylindrical swivel shaft 170, whose center of rotation is swivel center Q1. Provided on the base-end side of swivel arm 151 is base-end pulley 172, which can rotate independently of swivel arm 151 by rotation shaft 171, whose center of rotation is swivel center Q1 and which is provided inside cylindrical swivel shaft 170. Provided rotatably on the tip-end part of swivel arm 151 is support pulley 173, which supports middle arm 152 and rotates integrally with middle arm 152, and this support pulley 173 is coupled to base-end pulley 172 by timing belt 174.

Affixed to the upper-end part of hollow rotation shaft 175, which is provided on the upper side of support pulley 173, is middle arm 152. Provided on the base-end part of middle arm 152, coaxially with said support pulley 173, is intermediate pulley 176, which for example is of the same diameter and has the same number of teeth as said support pulley 173, while provided rotatably on the tip-end part of middle arm 152 is tip-end pulley 177, and this tip-end pulley 177 is coupled to intermediate pulley 176 by timing belt 178. Intermediate pulley 176 is affixed to shaft part 176a, which passes through the interior of hollow rotation shaft 175 and is affixed to swivel arm 151. Affixed to the upper-end part of rotation shaft 179, which is provided on the upper side of tip-end pulley 177, is substrate holding arm 153.

The ratio of the number of teeth between base-end pulley 172 and support pulley 173 is set to, for example, 2.67:1, which is a value greater than 2, and the ratio of the number of teeth between intermediate pulley 176 and tip-end pulley 177 is set to 1:2. Because of this, substrate holding arm 153 assumes a locus that describes a curve, as discussed below.

In second multi-joint arm 102B, 180 is a cylindrical swivel shaft, 181 is a cylindrical rotation shaft, 182 is a base-end pulley, 183 is a support pulley, 184 is a timing belt, 185 is a rotation shaft, 186 is an intermediate pulley, 186a is a shaft part, 187 is a tip-end pulley, 188 is a timing belt, and 189 is a rotation shaft. Second multi-joint arm 102B is different from first multi-joint arm 102A in several points -- for example, rotation shaft 181 of base-end pulley 182 is provided so as to surround swivel shaft 170 of first multi-joint arm 102A, and rotation shaft 189 of substrate holding arm 163 is longer than rotation shaft 179 of substrate holding arm 153 of first multi-joint arm 102A -- but it is exactly the same as first multi-joint arm 102A in its composition that determines the transfer function. Therefore, the center of rotation of swivel shaft 180 and rotation shaft 181 is said swivel center Q1, and the ratio of the lengths of middle arm 162 and

swivel arm 161, the ratio of the number of teeth between base-end pulley 182 and support pulley 183, and the ratio of the number of teeth between intermediate pulley 186 and tip-end pulley 187 are set similarly.

In FIG. 7, 154 and 155 are, respectively, the first swivel drive part, which drives swivel shaft 170, and the first telescoping drive part, which drives rotation shaft 171, in first multi-joint arm 102A, and 164 and 165 are, respectively, the second swivel drive part, which drives swivel shaft 180, and the second telescoping drive part, which drives rotation shaft 181, in second multi-joint arm 102B. These drive parts 154, 155, 164, and 165 correspond to mechanisms made up of motors, pulleys, and belts, etc., and are controlled by controller Cont-1.

Stored in controller Cont-1 is a program corresponding to the operation mode of first and second multi-joint arms 102A and 102B, and included in this operation mode are telescoping mode, which drives first and second telescoping drive parts 155 and 165 and causes them to perform telescoping operations; swivel mode which, in the state in which first and second multi-joint arms 102A and 102B are put in their standard positions, which are indicated by the solid lines in FIG. 4, drives first and second swivel drive parts 154 and 164 and performs swivel operations; and telescoping/swivel mode, which drives first and second telescoping drive parts 155 and 165 and causes them to perform telescoping operations, and in part of this, in this example, when wafers W are to be moved into cassettes C, simultaneously drives first and second telescoping drive parts 155 and 165 and first and second swivel drive parts 154 and 164.

FIG. 8 shows an example of the specific structure of swivel shafts 170 and 180 and rotation shafts 171 and 181 in first and second multi-joint arms 102A and 102B and related parts. In FIG. 8, 154a and 155a are pulleys for rotating swivel shaft 170 and rotation shaft 171, respectively, and they are driven by, respectively, motor M1 and motor M2, which is hidden behind this motor M1 and cannot be seen. 164a is a pulley that rotates swivel shaft 180, and it is driven by motor M3 via drive pulley 164c and belt 164b. 165a is a pulley that rotates rotation shaft 181, and it is driven by motor M4 via drive pulley 165c and belt 165b. Motors M1-M4 are affixed to base BE, which forms the floor of transfer chamber 113.

Returning now to FIG. 4 to briefly describe second substrate transfer device 103, which is arranged in second transfer chamber 116, second substrate transfer device 103 consists of first multi-joint arm 103A and second multi-joint arm 103B, which consist of three arms that can

variously swivel and telescope, and tip-end arms 131A and 131B, which are positioned at the uppermost level, are able to hold wafers W on both sides. Also, first multi-joint arm 103A and second multi-joint arm 103B are so constructed that they move describing curves in a direction away from each other when tip-end arms 131A and 131B advance (retract) from their standard position, which is indicated by solid lines, making it possible to simultaneously pass wafers W to mutually adjacent chambers 104 and 104 or preliminary vacuum chambers 114 and 115.

Next, we describe the operation of the second embodiment. First, we discuss, among the operation modes in substrate transfer device 102, the previously mentioned telescoping mode. In first multi-joint arm 102A, when base-end pulley 172 is rotated, stopping with regard to first swivel drive part 154, which is the drive part of swivel shaft 170 (see FIG. 7) and operating (driving) with regard to first telescoping drive part 155, which is the drive part of rotation shaft 171, rotation shaft 175, which supports middle arm 152, tries to rotate. At this time, no rotation force is given from drive part 154, and swivel shaft 170 is in a free state (rotatable state), so, when base-end pulley 172 rotates clockwise at the solid-line position shown in FIG. 9, middle arm 152 tries to open up with respect to swivel arm 151, so it rotates clockwise as indicated by the dotted lines, and swivel arm 151 also rotates, counterclockwise.

Here, from the fact that the ratio of the number of teeth between base-end pulley 172 and support pulley 173 is 2.67:1, when swivel arm 151 rotates by a degrees from its standard position, middle arm 152 rotates by $-2.67a$ degrees. And when middle arm 152 rotates clockwise, intermediate pulley 176 rotates counterclockwise relative to middle arm 152, so substrate holding arm 153 rotates counterclockwise, and because the ratio of the number of teeth between intermediate pulley 176 and tip-end pulley 177 is 1:2, substrate holding arm 153 rotates by $1.335a$ degrees. Therefore, as shown in FIG. 9, when first multi-joint arm 102A is extended from its standard position and substrate holding arm 153 is caused to advance, the locus of motion of substrate holding arm 153, or more particularly of the center position of wafer W held in substrate holding arm 153, describes a curve in a direction away from horizontal straight line L0. Straight line L0 is a horizontal straight line that joins points equidistant from first and second substrate holding arms 153 and 163 in the standard position and passes through swivel center Q1. In second multi-joint arm 102B as well, when stopped with regard to second swivel drive part 164 (see FIG. 7) and operated with regard to second telescoping drive part 165, which is the drive part

of rotation shaft 181, the same motion is made, and the locus of motion of substrate holding arm 163 becomes symmetrical to the locus of motion of substrate holding arm 153 with respect to straight line L0.

Next we explain, among the operation modes of substrate transfer device 102, the swivel mode. In this swivel mode, with regard to first multi-joint arm 102A, in the state in standard position, first swivel drive part 154 and first telescoping drive part 155 are simultaneously operated, rotating base-end pulley 172 and swivel shaft 170 counterclockwise, and with regard to second multi-joint arm 102B, in the state in standard position, second swivel drive part 164 and second telescoping drive part 165 are simultaneously operated, rotating base-end pulley 182 and swivel shaft 180 counterclockwise. Because of this, first and second multi-joint arms 102A and 102B rotate counterclockwise about swivel center Q1, while keeping the state in standard position shown by the solid lines in FIG. 4.

Further, we explain, among the operation modes of substrate transfer device 102, the telescoping/swivel mode. In this mode, with respect to first and second multi-joint arms 102A and 102B in standard position, first and second telescoping drive parts 155 and 165 are driven without driving first and second swivel drive parts 154 and 164 as in the aforementioned telescoping mode, and because of this, first and second substrate holding arms 153 and 163 advance, describing a curve so that they open up left and right symmetrically with respect to straight line L0.

And to give an explanation concerning first substrate holding arm 153, when it reaches a prescribed position, in this example, a position facing cassette C, as is shown in greater detail by the solid lines in FIG. 10, when it reaches a location such that center W0 of wafer W held in substrate holding arm 153 is positioned on the extension of horizontal centerline L1 of cassette C, first swivel drive part 154 is driven so that swivel shaft 170 rotates counterclockwise. As a result, as shown in FIG. 10, first substrate holding arm 153, while advancing, moves linearly from its solid-line position to its dotted-line position in FIG. 10, by a combination of the operation of trying to bend to the left and the operation of trying to rotate inward (toward straight line L0). That is, the locus of motion of center W0 of wafer W becomes a straight line.

With regard to second substrate holding arm 163 too, a symmetrical operation is performed in exactly the same way. When second substrate holding arm 163 reaches a position

facing cassette C, that is, when it reaches a location such that center W0 of wafer W held in substrate holding arm 163 is positioned on the extension of horizontal centerline L1 of cassette C, second swivel drive part 164 is driven so that swivel shaft 180 rotates clockwise. As a result, second substrate holding arm 163, while advancing, moves linearly, by a combination of the operation of trying to bend to the left and the operation of trying to rotate inward (toward straight line L0).

Because first substrate transfer device 102 operates as described above, in operating the substrate processing device, transfer takes place for example as follows. Referring to FIG. 4, pre-processing wafer W is held by cassette C and is transferred into cassette chamber 111 or 112, gate door GD is closed to form an airtight space, then, for example, an inert-gas atmosphere is made. Then gate valves G on the inner side of cassette chambers 111 and 112 open, and first and second multi-joint arms 102A and 102B inside first transfer chamber 113, which has been given an inert-gas atmosphere, carry out the aforesaid telescoping/swivel mode operation. In this mode, first and second substrate holding arms 153 and 163 advance describing a curve while mutually opening up, and when they reach a position facing cassettes C in cassette chambers 111 and 112, they advance into cassettes C moving in a straight line, cassettes C are lowered by elevator mechanism 111b shown in FIG. 5, and wafers W are passed to first and second substrate holding arms 153 and 163.

Next, first and second substrate holding arms 153 and 163 retract as far as the standard position shown by the solid lines in FIG. 11, along the loci they traversed when advancing in. Then, for positioning of wafers W, wafers W on first and second substrate holding arms 153 and 163 are passed in sequence to positioning stages 117 and 118. That is, by driving first and second swivel drive parts 154 and 164, first and second swivel arms 151 and 161 are simultaneously swiveled by the prescribed angle; by driving first telescoping drive part 155, first substrate holding arm 153 is extended and wafer W is passed onto positioning stage 117; and after positioning takes place here, first substrate holding arm 153 is retracted, following which first and second swivel arms 151 and 161 are simultaneously swiveled by the prescribed angle; and likewise for the wafer W on second substrate holding arm 163, positioning takes place in the same way by positioning stage 118. Next, by swivel mode, first and second swivel arms 151 and 161 are simultaneously swiveled, and first and second multi-joint arms 102A and 102B assume the

attitude shown by the solid lines in FIG. 4. Thereafter, first and second multi-joint arms 102A and 102B perform the operations of telescoping mode, first and second substrate holding arms 153 and 163 advance describing a curve while mutually opening up, advance into preliminary vacuum chambers 114 and 115, respectively, and pass wafer W.

Then, after preliminary vacuum chambers 114 and 115 are given the prescribed vacuum atmosphere, wafers W in preliminary vacuum chambers 114 and 115 are simultaneously transferred by second substrate transfer device 103 into the prescribed mutually adjacent vacuum chambers 104, for example, vacuum chambers 104C and 104D, and the prescribed vacuum processing is carried out. On the other hand, wafers W on which vacuum processing has been completed are transferred out of vacuum chambers 104 by second substrate transfer device 103 and are transferred into preliminary vacuum chambers 114 and 115, respectively. These wafers W are passed to first and second multi-joint arms 102A and 102B and are returned into their original cassettes C.

By the above-described second embodiment, in telescoping mode, first and second substrate holding arms 153 and 163 advance describing a curve so that they mutually open up, so wafers W can be passed to first and second preliminary vacuum chambers 114 and 115, whose openings (transfer openings) face toward the swivel center. And in telescoping/swivel mode, first and second substrate holding arms 153 and 163 advance describing a curve so that they mutually open up, and it is arranged so that they can advance and retract along a straight line by combining the telescoping operation and the swivel operation from midway, allowing wafers W to be passed even if it is not the case that the two cassettes C are arranged side by side on a straight line and their openings face the swivel center.

Also, the length of middle arms 152 and 162 is made shorter than swivel arms 151 and 161, middle arms 152 and 162 are rotated rearward, substrate holding arms 151 and 161 are allowed to approach each other, and swiveling is done in this attitude, so the swivel radius is small, and because of this, the space for transfer chamber 113 can be made small, the transfer of wafers W can be done with high efficiency, and at the device's ports for transferring in and transferring out, for example two cassettes C can be arranged side by side along a straight line.

In the above-described second embodiment, cassette chambers 111 and 112 are connected to first transfer chamber 113, but if the transfer containers are sealed cassettes, then, as

shown in FIG. 12, a composition is adopted in which partition wall 191 is provided on one side of first transfer chamber 113; provided on the outside of this partition wall 191 are two placement platforms that can be advanced and retracted and form a placement area not seen in the drawing; sealed cassettes 192 and 193 are placed on these placement platforms and they are advanced; and the flange parts of cassettes 192 and 193 are made to attach firmly to the outer surface of partition wall 191. In this case too, cassettes 192 and 193 are arrayed side by side in a straight line. Transfer openings 196 and 197, which are opened and closed by doors 194 and 195, respectively, are formed side by side on partition wall 191; and doors 194 and 195 and the covers on the side of cassettes 192 and 193, respectively, are opened simultaneously, allowing the interior space of cassettes 192 and 193 to communicate with transfer chamber 113, following which passing is done by second transfer means 102 with respect to wafers W inside cassettes 192 and 193. Also, in this case, second transfer means 102 has a structure that can be raised and lowered by an elevator part not pictured.

In the above-described second embodiment, the structure is such that swivel shafts 170 and 180 of first multi-joint arm 102A and second multi-joint arm 102B cause driving independently of each other, but the two swivel shafts may be shared, that is, they may be driven by a common swivel drive part. In this case, for example, first multi-joint arm 102A is telescoped and passing of a substrate is done, following which second multi-joint arm 102B is telescoped and passing of a substrate is done. Also, the substrate transfer device of the second embodiment may be made in such a way that first telescoping drive part 154 and second telescoping drive part 164 are in common, and first multi-joint arm 102A and second multi-joint arm 102B are driven by a single shaft. Moreover, four or more arms may be used instead of the three arms used in the first and second multi-joint arms used in the second embodiment.

This second embodiment can also be applied to the case in which no preliminary vacuum chamber (load lock chamber) is connected to first transfer chamber 113 in which first and second multi-joint arms 102A and 102B are arranged, but a substrate process chamber in which vacuum processing is done is attached. Also, the substrate process chambers are not limited to one-wafer-at-a-time vacuum process chambers; it may also be a partitioned space that includes, for example, an upright batch furnace for heat processing in batches and a loading area with, for example, an inert-gas atmosphere for transferring substrates into this batch furnace.

With the substrate transfer device of the second embodiment, in some of the operation modes the driving of the swivel drive parts and the driving of the telescoping drive parts is done simultaneously, so the degree of freedom of the design of the transfer paths is high. And by adding a mode in which only the telescoping drive parts are driven and the first and second substrate holding arms move describing a curve while opening up to the left and right with respect to a horizontal straight line that passes through the swivel center, even if the openings (transfer openings) of two mutually adjacent chambers do not face toward the swivel center, passing of substrates can be done with respect to these chambers, and transferring can be done efficiently. Moreover, by driving also swivel drive parts in addition to telescoping drive parts, the substrate holding arms are made to execute linear motion, so substrate passing can be done also in the case in which the first and second substrate transfer containers are aligned left and right on a straight line (in a horizontal row). Also with the substrate processing device of the second embodiment, by employing the substrate transfer device, it is possible to arrange first and second substrate transfer containers left and right on a straight line and to perform high-throughput processing.

[Third Embodiment]

FIGS. 13 and 14 show a substrate processing device according to a third embodiment of present invention. This substrate processing device has, for example, two cassette chambers 211 and 212 of airtight structure, into which are transferred cassettes (transfer containers) C, which store multiple wafers, which are the substrates. Cassette chambers 211 and 212 each have a gate door GD on the atmosphere side, and the space with the atmosphere is airtightly partitioned by this gate door GD. Provided inside cassette chambers 211 and 212, as shown in FIG. 14, is elevator part 211b for raising and lowering cassette placement platform 211a and successively positioning the wafer retention grooves inside cassette C to the access level of the first transfer device, which is discussed below.

First transfer chamber 213, which is of airtight structure, is airtightly connected to the interior side of cassette chambers 211 and 212, and second transfer chamber 216, which is given a vacuum atmosphere, is airtightly connected to this first transfer chamber 213, via preliminary vacuum chambers 214 and 215, which are two load lock chambers (standby chambers) aligned to the left and right. Also, 210 in the diagram is a panel that constitutes the wall surface part. Provided inside first transfer chamber 213 are positioning stages 217 and 218 for rotating wafers

W and aligning their orientation, and first substrate transfer device 202 for transferring wafers W between cassette chamber 211 and 212 and preliminary vacuum chambers 214 and 215 and positioning stages 217 and 218. Cassette chambers 211 and 212 and first transfer chamber 213 are given an atmosphere of, for example, inert gas, but may also be given a vacuum atmosphere.

Second transfer chamber 216 is formed in a polygonal shape, for example an octagonal shape, and provided inside it is second substrate transfer device 203. Connected airtightly to six of the sides of the octagon of this second transfer chamber 216 are vacuum chambers 204 (204A-204F), which are substrate process chambers, and connected to the remaining two sides are preliminary vacuum chambers 214 and 215. In FIG. 13, vacuum chambers 204 are pictured, for convenience in illustration, as simple circles, but if circular chambers are actually used, a member that joins the chamber and second transfer chamber 216 and forms a transfer opening is interposed between them.

Vacuum chambers 204 may also be chambers in the shape of, for example, a quadrilateral. What can be cited as the vacuum processing that is done in vacuum chambers 204 includes, for example, etching by etching gas, film formation processing by film formation gas, and ashing by ashing gas. Provided inside a vacuum chamber 204, as shown in FIG. 14, are placement platform 241 onto which to place wafer W and gas supply part 242 for supplying processing gas, and the centers of the wafers W placed onto placement platforms 241 in vacuum chambers 204 lie on a circle whose center is the center of second transfer chamber 216.

Next, we describe in detail second substrate transfer device 203, which is a substrate transfer device according to the third embodiment of the present invention. FIGS. 15 and 16 show a general view and the transmission system, respectively, of second substrate transfer device 203. In this example, this substrate transfer device 203 has first multi-joint arm 203A, which forms the first transfer part, and second multi-joint arm 203B, which forms the second transfer part, and first multi-joint arm 203A has swivel arm 251, which comprises the first swivel part, whose swivel center is the center of second transfer chamber 216, middle arm 252, which is provided rotatably in the horizontal direction at the tip-end part of this swivel arm 251, and substrate holding arm 253, which comprises the first substrate holding part provided rotatably in the horizontal direction at the tip-end part of this middle arm 252. Middle arm 252 is made shorter than swivel arm 251; for example, it is set to 1/1.65 the length of swivel arm 251.

Second multi-joint arm 203B, whose swivel center coincides with swivel center Q1 of said swivel arm 251, has swivel arm 261, which is provided below swivel arm 251 and comprises the second swivel part, middle arm 262, which is provided on this swivel arm 261, and substrate holding arm 263, which comprises the second substrate holding part provided on this middle arm 262. The structure of second multi-joint arm 203B is essentially the same as the structure of first multi-joint arm 203A, but it is different in, for example, the length of the rotation shaft of substrate holding arm 263, in order to ensure that the height position of substrate holding arm 263 is made the same as substrate holding arm 253 of first multi-joint arm 203A, that is, in order to ensure that the composition is such that substrate holding arms 253 and 263 transfer on the same plane.

First multi-joint arm 203A and second multi-joint arm 203B are set so that, in their standard position, swivel arms 251 and 261 lie on a straight line and middle arms 252 and 262 overlay swivel arms 251 and 261, respectively, and lie on a straight line. And they are set so that at this time substrate holding arms 253 and 263 are perpendicular to middle arms 252 and 262, respectively. Substrate holding arm 253 (263) is shaft-supported on middle arm 252 (262) in the exact middle of its length direction, and fork-shaped holding parts 254 and 255 (264 and 265) for holding wafers W are provided at both ends in the advance-retract direction so that they can hold two substrates each.

Describing the transmission system of first and second multi-joint arms 203A and 203B while referring to FIG. 16, the composition is such that swivel arm 251 of first multi-joint arm 203A swivels by cylindrical swivel shaft 270, whose center of rotation is swivel center Q1. Provided on the base-end side of swivel arm 251 is base-end pulley 272, which can rotate independently of swivel arm 251 by rotation shaft 271, whose center of rotation is swivel center Q1 and which is provided inside cylindrical swivel shaft 270. Provided rotatably on the tip-end part of swivel arm 251 is support pulley 273, which supports middle arm 252 and rotates integrally with middle arm 252, and this support pulley 273 is coupled to base-end pulley 272 by timing belt 274.

Affixed to the upper-end part of hollow rotation shaft 275, which is provided on the upper side of support pulley 273, is middle arm 252. Provided on the base-end part of middle arm 252, coaxially with said support pulley 273, is intermediate pulley 276, which for example is

of the same diameter and has the same number of teeth as said support pulley 273, while provided rotatably on the tip-end part of middle arm 252 is tip-end pulley 277, and this tip-end pulley 277 is coupled to intermediate pulley 276 by timing belt 278. Intermediate pulley 276 is affixed to shaft part 276a, which passes through the interior of hollow rotation shaft 275 and is affixed to swivel arm 251. Affixed to the upper-end part of rotation shaft 279, which is provided on the upper side of tip-end pulley 277, is substrate holding arm 253.

In a usual multi-joint arm, the substrate holding arm executes linear motion, by setting the ratio of the number of teeth between base-end pulley 272 and support pulley 273 to 2:1 and setting the ratio of the number of teeth between intermediate pulley 276 and tip-end pulley 277 to 1:2, but in multi-joint arm 203A of this third embodiment the ratio of the number of teeth between base-end pulley 272 and support pulley 273 is set to, for example, 2.67:1, which is a value greater than 2, and the ratio of the number of teeth between intermediate pulley 276 and tip-end pulley 277 is set to 1:2. Because of this, substrate holding arm 253 assumes a locus that describes a curve, as discussed below.

In second multi-joint arm 203B, 280 is a cylindrical swivel shaft, 281 is a cylindrical rotation shaft, 282 is a base-end pulley, 283 is a support pulley, 284 is a timing belt, 285 is a rotation shaft, 286 is an intermediate pulley, 286a is a shaft part, 287 is a tip-end pulley, 288 is a timing belt, and 289 is a rotation shaft. Second multi-joint arm 203B is different from first multi-joint arm 203A in several points -- for example, rotation shaft 281 of base-end pulley 282 is provided so as to surround swivel shaft 270 of first multi-joint arm 203A, and rotation shaft 289 of substrate holding arm 263 is longer than rotation shaft 279 of substrate holding arm 253 of first multi-joint arm 203A -- but it is exactly the same as first multi-joint arm 203A in its composition that determines the transfer function. Therefore, the center of rotation of swivel shaft 280 and rotation shaft 281 is said swivel center Q1, middle arm 262 is set to 1/1.65 the length of swivel arm 261, the ratio of the number of teeth between base-end pulley 282 and support pulley 283 is set to 2.67:1, and the ratio of the number of teeth between intermediate pulley 286 and tip-end pulley 287 is set to 1:2.

In FIG. 16, 256 and 257 are, respectively, the drive part of swivel shaft 270 and the drive part of rotation shaft 271 in first multi-joint arm 203A, and 266 and 267 are, respectively, the drive part of swivel shaft 280 and the drive part of rotation shaft 281 in second multi-joint arm

203B. These drive parts 256, 257, 266, and 267 correspond to mechanisms made up of motors, pulleys, and belts, etc. Rotation shaft drive part 257 and the aforementioned base-end pulley 272 and the other pulleys, timing belts, and rotation shafts, etc. correspond to a first advance-retract drive part for advancing and retracting the substrate holding part of first multi-joint arm 203A, and rotation shaft drive part 267 and the aforementioned base-end pulley 282 and the other pulleys, timing belts, and rotation shafts, etc. correspond to a second advance-retract drive part for advancing and retracting the substrate holding part of second multi-joint arm 203B.

FIG. 17 shows an example of the specific structure of swivel shafts 270 and 280 and rotation shafts 271 and 281 in first and second multi-joint arms 203A and 203B and related parts. In FIG. 17, 256a and 257a are pulleys for rotating swivel shaft 270 and rotation shaft 271, respectively, and they are driven by, respectively, motor M1 and motor M2, which is hidden behind this motor M1 and cannot be seen. 266a is a pulley that rotates swivel shaft 280, and it is driven by motor M3 via drive pulley 266c and belt 266b. 267a is a pulley that rotates rotation shaft 281, and it is driven by motor M4 via drive pulley 267c and belt 267b. Motors M1-M4 are affixed to base BE, which forms the floor of transfer chamber 216.

Next, we describe the operation of the third embodiment. In first multi-joint arm 203A, when base-end pulley 272 is rotated, stopping with regard to drive part 256 of swivel shaft 270 (see FIG. 16) and operating with regard to drive part 257 of rotation shaft 271, rotation shaft 275, which supports middle arm 252, tries to rotate. At this time, no rotation force is given from drive part 256, and swivel shaft 270 is in a free state (rotatable state), so, as shown in FIG. 18, when base-end pulley 272 rotates clockwise, middle arm 252 tries to open up with respect to swivel arm 251, so it rotates clockwise, and swivel arm 251 also rotates, counterclockwise.

Also, in FIG. 18, L1 is the shaft line of swivel arm 251 when first multi-joint arm 203A is in standard position (the line that joins the swivel center and the center of rotation of support pulley 273), L2 is the shaft line of middle arm 252 (the line that joins the center of intermediate pulley 276 and the center of tip-end pulley 277), L3 is the shaft line of substrate holding arm 253 when first multi-joint arm 203A is in standard position (the line that joins the center of tip-end pulley 277 and the center of wafer W when substrate holding arm 253 holds wafer W, the centerline of substrate holding arm 253 in its width direction), and L4 is the shaft line of

substrate holding arm 253 when swivel arm 251 rotates by a degrees. Also, in FIG. 18, the other-side holding part 255 is omitted.

Here, from the fact that the ratio of the number of teeth between base-end pulley 272 and support pulley 273 is 2.67:1, when swivel arm 251 rotates by a degrees from its standard position, middle arm 252 rotates by $-2.67a$ degrees. And when middle arm 252 rotates clockwise, intermediate pulley 276 rotates counterclockwise relative to middle arm 252, so substrate holding arm 253 rotates counterclockwise, and because the ratio of the number of teeth between intermediate pulley 276 and tip-end pulley 277 is 1:2, substrate holding arm 253 rotates by $1.335a$ degrees. Therefore, as shown in FIG. 19, when first multi-joint arm 203A is extended from its standard position and substrate holding arm 253 is caused to advance, the locus of substrate holding arm 253, or more particularly of the center position of wafer W held in substrate holding arm 253, passes through swivel center Q1 and describes a curve in a direction away from horizontal straight line L0, which is perpendicular to said straight line L1.

If made so that when the ratio of the number of teeth between base-end pulley 272 and support pulley 273 is A:1 and the ratio of the number of teeth between intermediate pulley 276 and tip-end pulley 277 is 1:2, shaft line L4 of substrate holding arm 253 when first multi-joint arm 203A is fully extended forms an angle of $q/2$ with respect to straight line L0, then we have the relationship $A = 360/(180-q)$. In this example, A is 2.67, so q is 45, and $q/2$ comes to 22.5. In second multi-joint arm 203B as well, the same motion is made, and the locus of motion of substrate holding arm 263 being symmetrical with the locus of motion of said substrate holding arm 253, shaft line L4 of substrate holding arm 263 when second multi-joint arm 203B is fully extended forms an angle of $q/2$ with respect to straight line L0, and in this example it comes to 22.5. In other words, if this substrate transfer device 203 simultaneously performs an extension operation on first multi-joint arm 203A and second multi-joint arm 203B, substrate holding arms 253 and 263, which are substrate holding parts (more particularly, holding parts 254 and 264) move symmetrically apart from each other while describing a curve, and the angle of opening (narrow angle) becomes the q that is expressed by $A = 360/(180-q)$, which in this case comes to 45 degrees.

The reason why the angle of opening has been set to 45 degrees is that, as shown in FIG. 13, second transfer chamber 216 is of octagonal shape, and in the opening of vacuum chambers

204 or preliminary vacuum chambers 214 and 215 connected to the side of transfer chamber 216, the emission angle from the center of transfer chamber 216 toward the centers of mutually adjacent openings (in other words, the angle formed by the centers of wafers W in mutually adjacent vacuum chambers 204 or preliminary vacuum chambers 214 and 215, with the center of transfer chamber 216) is 45 degrees. Also, in FIG. 19, even if base-end pulleys 272 and 282 are rotated in reverse (rotated counterclockwise), substrate holding arms 253 and 263 move in exactly the same way while describing loci that are symmetrical to the loci in the advancing direction.

And first and second multi-joint arms 203A and 203B rotate counterclockwise maintaining their state in the standard position shown by the solid lines in FIG. 13 if, for first multi-joint arm 203A, being in standard position, drive parts 256 and 257 are operated simultaneously, causing base-end pulley 272 and swivel shaft 270 to rotate counterclockwise, and for second multi-joint arm 203B, being in standard position, drive parts 266 and 267 are operated simultaneously, causing base-end pulley 282 and swivel shaft 280 to rotate counterclockwise.

Because second substrate transfer device 203 operates as described above, in operating the substrate processing device, transfer takes place for example as follows. Referring to FIG. 13, pre-processing wafer W is held by cassette C and is transferred into cassette chamber 211 or 212, gate door GD is closed to form an airtight space, then, for example, an inert-gas atmosphere is made. Then gate valves G on the inner side of cassette chambers 211 and 212 open, and wafers W are simultaneously removed by first substrate transfer device 202 inside first transfer chamber 213, which has been given an inert-gas atmosphere, from cassette C inside cassette chamber 211, and from cassette C inside cassette chamber 212, and are transferred to positioning stages 217 and 218. Moreover, first substrate transfer device 202 also consists of two multi-joint arms and is so constructed as to make it possible to transfer two wafers W simultaneously.

After the orientation of these two wafers W is aligned to the prescribed orientation, they are transferred to preliminary vacuum chambers 214 and 215 by first substrate transfer device 202, and after preliminary vacuum chambers 214 and 215 are set to the prescribed vacuum atmosphere, they are simultaneously transferred to the prescribed vacuum chambers 204 by second transfer device 203.

FIG. 20A depicts the state in which, for example, vacuum processing of wafers W1 and

W2 is completed in vacuum chambers 204C and 204D, respectively, and wafers W3 and W4, which are to be processed next, are waiting in preliminary vacuum chambers 214 and 215. In this state, for example, substrate holding arms 253 and 263 of second substrate transfer device 203 intrude into preliminary vacuum chambers 214 and 215, respectively, and wafers W3 and W4 are received by holding parts 265 and 255, respectively (see FIG. 20B). Next, substrate holding arms 253 and 263 intrude into vacuum chambers 204C and 204D, respectively, and wafers W1 and W2 are received by holding parts 264 and 254, respectively (see FIG. 21A). Thereafter, as shown in FIG. 21B, second substrate transfer device 203 swivels by 180 degrees (more particularly, aforesaid swivel arms 251 and 261 swivel by 180 degrees), and as shown in FIG. 22A, wafers W1 and W2 held by substrate holding parts 264 and 254, respectively, are transferred to preliminary vacuum chambers 214 and 215, and as shown in FIG. 22B, wafers W3 and W4 held by substrate holding parts 265 and 255, respectively, are transferred into vacuum chambers 204C and 204D. Wafers W1 and W2 transferred into preliminary vacuum chambers 214 and 215, respectively, are for example simultaneously returned into cassette chamber 211 and 212 by first substrate transfer device 202. In the explanation thus far, we have focused on vacuum chambers 204C and 204D, but wafer replacement is done in the same way if vacuum processing of the wafers has been completed in, for example, vacuum chambers 204A and 204B.

And if, for example in FIG. 13, vacuum chambers 204A and 204F are not used, one may use the other four vacuum chambers 204B-204E that are lined up continuously, simultaneously transferring wafers W by substrate holding arms 253 and 263 with respect to pairs of vacuum chambers (204B, 204C) and (204D, 204E). In addition, because first multi-joint arm 203A and second multi-joint arm 203B can be driven independently, when for example vacuum chamber 204B is not used, transfer of wafers W can be done simultaneously by substrate holding arms 253 and 263 with respect to vacuum chambers (204C, 204D) and (204E, 204F), and with respect to vacuum chamber 204A, operation may be done using whichever mode is best: a mode in which both multi-joint arms 203A and 203B are driven, or a mode in which only one is driven, wherein one or the other of substrate holding arms 253 and 263 is used.

According to the above-described third embodiment, the loci of motion of substrate holding arm 253 of first multi-joint arm 203A (the first substrate holding part) and of substrate holding arm 263 of second multi-joint arm 203B (the second substrate holding part) are separate

symmetrically respectively left and right from the horizontal straight line that passes through said swivel center, so passing of wafers W can be done without the two multi-joint arms 203A and 203B interfering with each other. And because it is possible to advance describing curves in such a way that substrate holding arms 253 and 263 mutually open up and to place substrate holding arms 253 and 263 in standard position and simultaneously swivel, it is possible for example to simultaneously pass wafers W with respect to any set of chambers among mutually adjacent vacuum chambers 204 provided on sides of octagonal second transfer chamber 216 or preliminary vacuum chambers 214 and 215, it is possible to perform operations with a high degree of freedom, and because a small swivel radius suffices, it is possible to transfer wafers W with high efficiency in a small transfer area.

In addition, because of the fact that first and second multi-joint arms 203A and 203B can be driven independently, by adding a mode in which only one of them is driven, it is possible to perform operations with an even higher degree of freedom; for example, even if several of the vacuum chambers 204 cannot be used, operations can be performed in which for example all of the remaining vacuum chambers 204 can be put to use. Moreover, because substrate holding arms 253 and 263, which are substrate holding parts, have holding parts (254, 255) and (264, 265) on both ends of each and can hold wafers W two at a time, as is clear from the above explanation of the operation, the frequency of swivel operations can be reduced, and in this respect too, transferring can be done with high efficiency.

And the footprint of the device (the area that it occupies) can be made small, because vacuum chambers 204 can be arranged along a circle whose center is the swivel center of substrate transfer device 203 inside second transfer chamber 216, and because second transfer chamber 216 can be made in polygonal shape.

In the third embodiment, the structure is such that the swivel shafts of first multi-joint arm 203A and second multi-joint arm 203B can be driven independently of each other, but both swivel shafts may share the same drive source. In this case the two swivel shafts are independent of each other, but they may have the same drive source in common, and the two swivel shafts may be shared in common. However, it sometimes happens that some error occurs in the layout when the device is put together, such as when vacuum chambers 204 are connected to transfer chamber 216, so if it is ensured that the swivel shafts can be driven independently of

each another, said error can be absorbed by finely adjusting the position of the swivel shafts in the rotation direction, and thus it is preferable to have a composition that allows the swivel shafts to be driven independently of each other.

The third embodiment, in which all the chambers provided around the transfer chamber, which is equipped with a substrate transfer device, are substrate process chambers, can be applied to a device in which, for example, wafers are transferred into said transfer chamber from two of the substrate process chambers and wafers are transferred out from two other substrate process chambers. Also, the substrate process chambers are not limited to one-wafer-at-a-time vacuum process chambers; it may also be a partitioned space that includes, for example, an upright batch furnace for heat processing in batches and a loading area with, for example, an inert-gas atmosphere for transferring substrates into this batch furnace.

With the substrate transfer device of the third embodiment, passing of wafers W can be done without the two multi-joint arms 203A and 203B interfering with each other, and high-efficiency transfer can be done. Also, by having a composition whereby first and second substrate holding parts move describing curves while opening to the left and right with respect to a horizontal straight line that passes through the swivel center, even if the openings of two chambers are not in straight-line shape and face inward, substrate passing can be done by the first and second substrate holding parts with respect to these chambers, and transferring can be done efficiently within a small transfer area. Also, with the substrate processing device of the third embodiment, substrate process chambers can be arranged along a circle whose center is the swivel center of the substrate transfer device, and the transfer chamber can be made in polygonal shape, so the footprint of the device (the area that it occupies) can be made small, and moreover, efficient transferring can be done.

[第4の実施形態]

図23は、本発明の第4の実施形態に係る基板処理装置を示す図である。この装置の縦断側面図はチャンバ類の符号を除いて図14図示のそれと実質的に同一である。

第4の実施形態において、第1の基板搬送装置202を含む第1の搬送室213やカセット室211、212は、図13図示の第3の実施形態に係る基板処理装置と実質的に同一である。一方、第2の搬送室316は、例えば、四角形状に形成され、その中に第2の基板搬送装置203Mが配設される。この第2の搬送室316の四角形の3辺には、各辺

に２個づつ基板処理室である四角形状の真空チャンバ３０４（３０４Ａ、３０４Ｂ）、（３０４Ｃ、３０４Ｄ）、（３０４Ｅ、３０４Ｆ）が気密に接続される。第２の搬送室３１６の残りの２辺に予備真空室３１４、３１５が接続される。真空チャンバ３０４と第２の搬送室３１６との接続部分には、搬送口を形成する断面形状が角形の通路部材３４０が介在する。なお図中Ｇは仕切り弁であるゲートバルブである。

真空チャンバ３０４にて行われる真空処理としては、例えば、エッチングガスによるエッチング、成膜ガスによる成膜処理、アッシングガスによるアッシングなどを挙げることができる。真空チャンバ３０４内には、図１４に示すようにウエハＷを載置するための載置台２４１及び処理ガスを供給するためのガス供給部２４２などが配設される。各真空チャンバ３０４における載置台２４１上に載置されるウエハＷの中心部は、第２の搬送室３１６の中心を中心とする円の上にある。

次に本発明の第４の実施形態に係る基板搬送装置である第２の基板搬送装置２０３Ｍについて詳述する。第２の基板搬送装置２０３Ｍは、第１及び第２の多関節アーム２０３Ａ、２０３Ｂの夫々における旋回アーム２５１と中段アーム２５２との長さの比を除いて、図１３ないし図２２Ｂを参照して説明した第４の実施形態に係る基板搬送装置２０３と実質的に同一である。従って、第４の実施形態に係る基板搬送装置２０３Ｍの概観、伝達系、及び駆動軸部は、図１５、図１６、及び図１７に夫々示されるようなものとなる。

第４の実施形態に係る基板搬送装置２０３Ｍにおいて、中段アーム２５２のアーム長（中間プーリ２７６と先端プーリ２７７との中心間距離）は旋回アーム２５１のアーム長（基端プーリ２７２と支持プーリ２７３との中心間距離）よりも短く構成され、例えば、旋回アーム２５１のアーム長の１／２．５６に設定される。第４の実施形態では、多関節アーム２０３Ａ（２０３Ｂ）の伸縮時において基板保持アーム２５３の移動軌跡を直線にできるだけ近い線にしようとする。そのためには、基端プーリ２７２と支持プーリ２７３との歯数比をＡ：１に設定し、中間プーリ２７６と先端プーリ２７７との歯数比を１：Ａ／（Ａ－１）に設定する必要がある。なおＡは次の値である。

$$A = 180^\circ / \cos^{-1} \{ (R1 - R2) / (R1 + R2) \}$$

既述のように $R1 = 2.56 R2$ である。この例では、基端プーリ２７２と支持プーリ２７３との歯数比は例えば、２．７４：１に設定される。中間プーリ２７６と先端プーリ２７７との歯数比は例えば、１：１．５７に設定される。

次いで第４の実施形態の作用について説明する。第１の多関節アーム２０３Ａにおいて、

旋回軸 270 の駆動部 256 (図 4 参照) を停止し、回転軸 271 の駆動部 257 を動作させて基端プーリ 272 を回転させる。すると、中段アーム 252 を支持している回転軸 275 が回転しようとする。このとき旋回軸 270 は駆動部 256 から回転力は与えられていないが、フリーな状態 (回転可能な状態) にある。このため、図 24 に示すように基端プーリ 272 が時計方向に回転すると、中段アーム 252 が旋回アーム 251 に対して開こうとするため時計方向に回転すると共に旋回アーム 251 も反時計方向に回転する。

なお図 24 において、 L_1 は第 1 の関節アーム 203A が基準位置にあるときの旋回アーム 251 の軸線 (旋回中心 Q_2 と支持プーリ 273 の回転中心とを結ぶ線) である。 L_2 は旋回アーム 251 が α 度回転したときの中段アーム 252 の軸線 (中間プーリ 276 の中心と先端プーリ 277 の中心とを結ぶ線) である。 L_3 は第 1 の関節アーム 203A が基準位置にあるときの基板保持アーム 253 の軸線 (先端プーリ 277 の中心と基板保持アーム 253 がウエハ W を保持したときのウエハ W の中心とを結ぶ線であり、基板保持アーム 253 の幅方向の中心線) である。 L_4 は旋回アーム 251 が α 度回転したときの基板保持アーム 253 の軸線である。また図 24 では他方の保持部位 255 は省略してある。

ここで基端プーリ 272 と支持プーリ 273 との歯数比が 2.74:1 であることから、旋回アーム 251 が基準位置から α 度だけ回転すると中段アーム 252 は -2.74α 度回転する。また中段アーム 252 が時計方向に回転すると、中間プーリ 276 が中段アーム 252 に対して相対的に反時計方向に回転するので、基板保持アーム 253 は反時計方向に回転する。ここで中間プーリ 276 と先端プーリ 277 との歯数比が 1:1.57 であるから、基板保持アーム 253 は 1.745α 度回転する。

従って図 25 に示すように第 1 の多関節アーム 203A を基準位置から伸長させて基板保持アーム 253 を前進させると、基板保持アーム 253、詳しくは基板保持アーム 253 に保持されるウエハ W の中心位置の軌跡は、直線に近い線 (実質直線) を描くことになる。また第 2 の多関節アーム 203B においても同様の動きをし、基板保持アーム 263 に保持されるウエハ W の中心位置の軌跡は、実質直線を描くことになる。つまり基板保持アーム 253、263 は互いに平行に実質直線運動をすることになる。

第 4 の実施形態において、基板保持アーム 253 の基準位置とウエハ W の受け渡し位置とを結ぶ直線と、基板保持アーム 263 の基準位置とウエハ W の受け渡し位置とを結ぶ直線とが平行である。ここで各基準保持アーム 253、263 を夫々基準位置からウエハ W

の受け渡し位置まで一直線上に移動させようとする。しかし、実際の設計では直線から少しはずれた曲線上を移動することとなり、いわば実質的な直線に沿って移動することになる。なお直線から意図的に大きく外れた軌道を移動させることは意味がないが、この場合も第４の実施形態に含まれる。

また図２５において基端プーリ２７２、２８２を逆転させた場合（反時計方向に回転させた場合）においても全く同様に前進方向の軌跡と対称の軌跡を描きながら基板保持アーム２５３、２６３が移動する。

例えば、第１の多関節アーム２０３Ａにおいて、基準位置にある状態で駆動部２５６、２５７を同時に動作させて基端プーリ２７２及び旋回軸２７０を反時計方向に回転させる。また、第２の多関節アーム２０３Ｂにおいて、基準位置にある状態で駆動部２６６、２６７を同時に動作させて基端プーリ２８２及び旋回軸２８０を反時計方向に回転させる。すると、図２６に示すように第１及び第２の多関節アーム２０３Ａ及び２０３Ｂは図２３の実線で示してある基準位置にある状態のまま反時計方向に旋回動作（回転）する。

第２の基板搬送装置２０３Ｍは以上のような動作をするので、基板処理装置を運転する上で例えば、次のような搬送を行う。図２３を参照すると、処理前のウエハＷはカセットＣに保持されて外部からカセット室２１１或いは２１２内に搬入され、ゲートドアＧＤが閉じられて気密空間とされた後、例えば、不活性ガス雰囲気とされる。そしてカセット室２１１、２１２の内側のゲートバルブＧが開かれ、不活性ガス雰囲気とされている第１の搬送室２１３内の第１の基板搬送装置２０２によりカセット室２１１内のカセットＣ及びカセット室２１２内のカセットＣから同時にウエハＷが取り出され、位置合わせステージ２１７、２１８に搬送される。なお第１の基板搬送装置２０２も２つの多関節アームからなり、同時に２枚のウエハＷを搬送できるように構成される。

これら２枚のウエハＷはその向きが所定の向きに合わせられた後、第１の基板搬送装置２０２により予備真空室３１４、３１５に搬入される。予備真空室３１４、３１５を所定の真空雰囲気とした後、ウエハＷは第２の搬送装置３により所定の真空チャンバ３０４に同時に搬入される。

そして例えば、真空チャンバ３０４Ｃ、３０４Ｄにて夫々ウエハＷの真空処理が終了し、また予備真空室３１４、３１５には次に処理すべきウエハＷが待機しているとする。この場合、例えば、第２の基板搬送装置２０３Ｍの基板保持アーム２５３、２６３が既述のように互いに平行に同時に前進して、夫々予備真空室３１４、３１５内に進入し、保持部位

255、265によりウエハWを受け取る。次いで基板保持アーム253、263が夫々真空チャンバ304C、304D内に進入して夫々保持部位254、264によりウエハWを受け取る。

しかる後、第2の基板搬送装置203Mが図26にて説明したように180度回転する（詳しくは記述の旋回アーム251、261が180度旋回して）。そして、基板保持部位254、264に夫々保持されている処理済みのウエハWを予備真空室314、315に搬入すると共に、保持部位255、265に夫々保持されている処理前のウエハWを真空チャンバ304C、304Dに搬入する。

予備真空室314、315に夫々搬入されたウエハWは、第1の基板搬送装置202によりカセット室211、212のカセットC内に、例えば、同時に戻される。ここまでの説明は、真空チャンバ304C、304Dに着目しているが、例えば、真空チャンバ304A、304Bにおいて各々ウエハの真空処理が終了していると、同様にしてウエハの入れ替えが行われる。

第2の搬送室316の一辺に並ぶ2個の真空チャンバ例えば、304A、304Bで第1の処理を行い、他の辺の2個の真空チャンバ例えば、304C、304Dで第2の処理を行い、更に他の辺の2個の真空チャンバ例えば、304E、304Fで第3の処理を行う場合ある。この場合、例えば、第2の基板搬送装置203Mにより、真空チャンバ304A、304Bで第1の処理がされた夫々のウエハWを2枚同時に真空チャンバ304C、304Dに搬送する。次いで真空チャンバ304C、304Dにて第2の処理がされたウエハWを2枚同時に真空チャンバ304E、304Fに搬送する。

真空チャンバ304Aがトラブル或いはメンテナンスなどにより使用できない場合がある。この場合、例えば、真空チャンバ304C、304D及び真空チャンバ304E、304Fに対しては、2枚同時にウエハWの受け渡しを行うが、真空チャンバ304Bに対しては第1或いは第2の多関節アーム203A、203Bの一方のみを伸縮してウエハWの受け渡しを行う。

上述の第4の実施形態によれば、第1の多関節アーム203Aの基板保持アーム253及び第2の多関節アーム203Bの基板保持アーム263が旋回中心Q2を挟んで左右に並ぶ基準位置から直線的に進退できる。このため、一辺に並ぶ2個の真空チャンバ304、304に対して一括してウエハWの受け渡しを行うことができる。即ち、搬送効率が高いことから、高いスループットで処理することができる。ここでいう「一括して」とは、2

枚のウエハWを同時に受け渡す場合に限らず、第1及び第2の多関節アーム203A、203Bを順番に伸縮する場合も含んでいる。また旋回半径が小さくて済むので搬送領域が狭く、装置の小型化を図ることができる。

第1及び第2の多関節アーム203A、203Bは独立して伸縮できる。このため、一辺に並ぶ2個の真空チャンバ304、304のうち片方を使用しない場合でも、他方の真空チャンバ304を使用することができる。即ち、運転モードの自由度が高く、柔軟な運用を行うことができる。更にまた基板保持アームである基板保持アーム253、263は各々両端部に保持部位(254、255)、(264、265)が設けられていて2枚ずつウエハWを保持することができる。このため、旋回動作の頻度を少なくすることができ、この点からも高い効率で搬送することができる。更に第2の基板搬送装置203Mは、多関節アームを用いているので、構造が簡単であり、低コストに抑えることができる。

図23の例では、第2の搬送室316の一辺に2個の真空チャンバ304、304が並んでいるが、1個の真空チャンバであって搬送口が2個ある場合にも適用できる。この場合2個の搬送口のうちの一方のゲートバルブが開かない状態になっていても、第1及び第2の多関節アーム203A、203Bの片方を伸縮することによって、他方の搬送口を使用して真空チャンバに対してウエハWの受け渡しを行うことができる。

更に図27及び図28に示すように、第2の搬送室316内に昇降部391により昇降自在なバッファ載置部であるバッファ載置台390を設けることが好ましい。バッファ載置台390は、第1及び第2の多関節アーム203A、203Bが旋回するときの第1及び第2の基板保持アーム253、263に保持されるウエハWの移動軌跡(平面で見たときの移動軌跡)上に配置される。この例では、バッファ載置台390は、基板保持部位254、255、264、265の移動軌跡上に配置される。

このように構成すれば、このバッファ載置台390を介して第1及び第2の基板保持アーム253、263の間でウエハWの受け渡しができる。例えば、図28に示すように第2の基板保持アーム263の保持部位264がウエハWを保持しているとする。この場合、第1及び第2の多関節アーム203A、203Bを旋回させて第2の基板保持アーム263上のウエハWをバッファ載置台390の上方に位置させる。次いでバッファ載置台390を上昇させて第2の基板保持アーム263の保持部位264であるフォーク部分間を通過させてウエハWを受け取る。その後、第1及び第2の多関節アーム203A、203Bを旋回させて第1の基板保持アーム253の保持部位254をウエハWの真下に位置させ、

バッファ載置台 3 9 0 を下降させることによりバッファ載置台 3 9 0 からウエハ W が第 1 の基板保持アーム 2 5 3 に受け渡される。

この構成により、例えば、下記のような操作を行うことができ、運用の自由度が更に大きくなる。即ち、第 2 の搬送室 3 1 6 の一辺に並ぶ 2 個の真空チャンバ 3 0 4、3 0 4 の一方で処理したウエハ W を第 1 及び第 2 の基板保持アーム 2 5 3、2 6 3 の一方で取り出す。次いでウエハ W をバッファ載置台 3 9 0 を介して第 1 及び第 2 の基板保持アーム 2 5 3、2 6 3 の他方に受け渡す。その後ウエハ W を 2 個の真空チャンバ 3 0 4、3 0 4 の他方に搬入する。これにより、一辺で隣り合う真空チャンバ 3 0 4、3 0 4 間で連続プロセスを行うことができる。

上述の第 4 の実施形態では、第 1 の多関節アーム 2 0 3 A と第 2 の多関節アーム 2 0 3 B との回転軸は互いに独立させた構造としているが、両者の回転軸を共通化してもよい。例えば、第 1 及び第 2 の回転アーム 2 5 1、2 6 1 を共通の駆動部で駆動してもよい。例えば、第 1 及び第 2 の回転アーム 2 5 1、2 6 1 を一体化してもよい。図 2 9 に回転軸を共通化した場合の動作の一例を示しておく。なお第 1 の多関節アーム 2 0 3 A と第 2 の多関節アーム 2 0 3 B は各々 3 本のアームの組み合わせのみならず、4 本以上のアームを組み合わせたものであってもよい。

第 4 の実施形態の基板搬送装置によれば、第 1 及び第 2 の多関節アームを用い、第 1 及び第 2 の基板保持アームが互いに並んで直線または直線に近い線に沿って進退するように伸縮する。このため、同時或いは順番に受け渡しを行うことにより 2 枚の基板を同時に保持することができ、搬送効率が高い。また多関節アームを用いていることから構成が簡単であり、低コスト化を図れる。更に第 1 及び第 2 の基板保持アームが互いに独立に進退できるので、例えば、2 つ並ぶチャンバの一方に対してのみウエハの搬送ができるなど、搬送モードの自由度が大きい。従って、第 4 の実施形態の基板搬送装置によれば、高いスループットが得られ、また運転モードの自由度が高く、柔軟な運用を図ることができる。

Additional advantages and modifications will readily occur to those skilled in the art. Therefore, the invention in its broader aspects is not limited to the specific details and representative embodiments shown and described herein. Accordingly, various modifications may be made without departing from the spirit or scope of the general inventive concept as defined by the appended claims and their equivalents.